Fortschritte in der Bildtelegraphie.

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H., Berlin.)

Von **Fritz Schröter** [1]).

Die Aufgaben eines Bildtelegraphiegerätes können, je nach dem Anwendungszweck, sehr verschieden sein. Im Betriebe über Fernkabel kann man, angesichts der hohen Übertragungsgüte derselben für das gesamte Band der Sprachfrequenzen, vor allem große Schärfe und Feinheit des Bildrasters sowie exakte Wiedergabe von Zwischentönen verlangen. Bei der drahtlosen Übermittlung, insbesondere auf den Strahlwerferlinien nach Übersee, wird man dagegen die Sendegeschwindigkeit voranstellen. Die Möglichkeit, die Bildpunktverteilung als Modulation einer kurzen Trägerwelle ohne Tempobegrenzung durch die Amplituden- und Phasenverzerrung der Fernkabel zu übertragen, hat zur Entwicklung einer mit trägheitlosen elektro-optischen Mitteln, z. B. Photozelle und Kerrzelle, arbeitenden Faksimiletelegraphie geführt. Vereinfacht wurde dieses Problem durch Beschränkung auf reine Schwarz-Weiß-Vorlagen, indem die Bedingung hinreichend linearen Arbeitens der Gesamtapparatur wegfallen konnte, die für hohe Bildqualität im Fernkabelbetrieb unumgänglich ist. Extreme Sendegeschwindigkeit, Wegfall aller Umsetzungen und geringe Empfindlichkeit des Empfangsphotogrammes gegenüber atmosphärischen Störungen befähigen die Kurzwellen-Faksimiletelegraphie geschriebener oder gedruckter Dokumente zum Wettbewerb mit den im Funkverkehr bisher benutzten schnelltelegraphischen Methoden und gestatten die Erzielung hoher Wortleistungen mit einem einzigen Apparat.

Im folgenden werden Fortschritte und Neuerungen behandelt, die teils ebenso für die Kabelbildtelegraphie wie für die drahtlose Anwendung Bedeutung haben, teils ausschließlich für den Kurzwellenbetrieb zugeschnitten sind.

1. Reflexions-Bildabtastung.

Ein charakteristischer Fortschritt des Systems Telefunken-Karolus-Siemens war seinerzeit die erstmalig praktisch durchgeführte Abtastung des zu übertragenden Originaldokumentes mit reflektiertem Licht. (Sie ist später von anderen Systemen übernommen worden.) Um hierbei den optisch-elektrischen Wirkungsgrad zu vergrößern, d. h. das dem Photoverstärker zugeführte Bildsignal bei den gegebenen Werten für die Größe des Abtast-Lichtpunktes und für die Flächenhelligkeit der benutzten Lampe möglichst kräftig zu machen, wurde die Photozelle ringförmig gestaltet (Dr. Schriever). Der auf das Bild fallende Lichtkegel geht un-

[1]) In gekürzter Form vorgetragen am 20. September 1928 auf der 5. Hauptversammlung der Heinrich Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens, gelegentlich der Tagung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg.

gehindert durch die Mitte der Ringzelle; sie kann infolgedessen der reflektierenden Fläche so weit genähert werden, daß ein hoher Bruchteil der an der Auftreffstelle des Kegels diffus zerstreuten Strahlen die aktive Kaliumschicht erreicht. Das Prinzip zeigt Abb. 1. Diese Anordnung hat sich

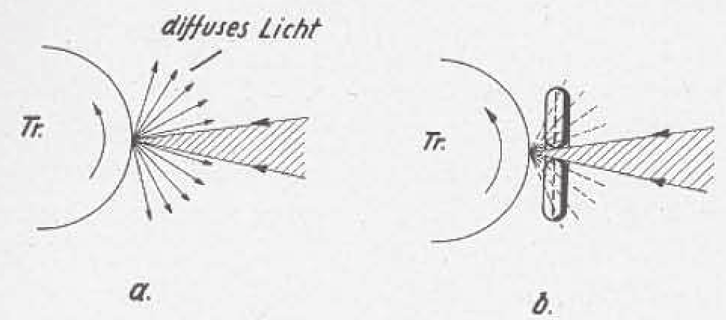


Abb. 1. Prinzip der Schrieverschen Ring-Photozelle.

bisher im Betriebe ausgezeichnet bewährt und besaß neben dem weiteren Vorteil sehr bequemer Lichtführung im Apparat nur zwei Nachteile:

1. Lichtverluste durch Spiegelung der unter großem Winkel von außen auf die Glaswand der Zelle einfallenden Strahlen,
2. Erschwerung und Verteuerung der Zellenherstellung durch die Ringform.

Verfasser hat einen Weg gefunden, um beide Nachteile zu vermeiden und die Benutzung normaler Photozellen zu ermöglichen. Das Prinzip der neuen Anordnung zeigt Bild 2, worin die

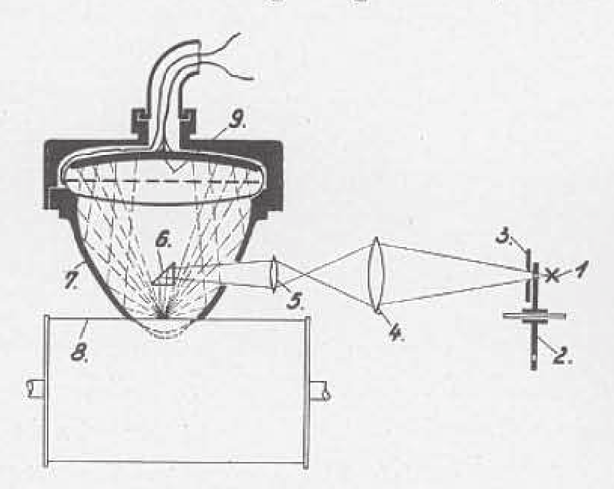


Abb. 2. Reflexionsabtastung mit spiegelndem Paraboloïd.

Abmessungen der maßgebenden optischen Teile gegenüber der Bildtrommel zwecks größerer Deutlichkeit stark übertrieben gezeichnet sind. Der Auftreff- und Reflexionspunkt des Abtastlichtkegels auf der mattweißen Bildfläche kann als Lichtquelle aufgefaßt werden, die ziemlich gleichmäßig nach allen Richtungen innerhalb der umschriebenen Halbkugel strahlt. Denkt man sich daher einen innen verspiegelten Rotations-Hohlkörper, dessen Erzeugende sich einer Parabel nähert, so um den Lichtfleck herumgelegt, daß dieser im Brennpunkt des Paraboloides steht, so werden die von der Wandfläche reflektierten Strahlen annähernd parallel austreten. Bei der praktischen Ausführung wird durch eine geringe Deformation der Spiegelkrümmung weiterhin erreicht, daß die Strahlen etwas nach der Achse konvergieren und so besser verteilt, die ganze Öffnung des Reflektors durchsetzend, auf die davorgestellte Photozelle gelangen. Diese ist nunmehr von normaler Ausführung, nicht ringförmig. Das Abtastlicht wird durch ein seitliches Loch des Reflektors zugeführt und der von ihm eingenommene Raumwinkel durch eine besondere Optik, trotz größter Flächenhelligkeit der Abbildung der Lampenblende, auf ein Minimum gebracht. Da die in die Auftreffrichtung zurückfallenden Strahlen für die Photozelle verlorengehen, war diese Bedingung wesentlich. Eine solche sehr einfach zu bauende Anordnung wurde mit derjenigen nach Abb. 1 verglichen und dabei auf Gleichheit der zugeführten Lichtströme, des Reflexionsvermögens des weißen Bildhintergrundes, der Zellenempfindlichkeit und der Verstärkung geachtet. Das Ergebnis zweier entsprechender Übertragungen zeigt Abb. 3. Die mit der neuen Einrichtung erzielte Schwärzung des Empfangsfilmes ist beträchtlich größer, der optisch-elektrische Wirkungsgrad also verbessert. Die Strahlen treffen die Glaswand der Photozelle unter sehr günstigen Winkeln, so daß die Verluste durch Reflexion klein sind, und die Zelle bekannter Form mit ununterbrochener Kaliumfläche ist leicht auswechselbar angebracht.

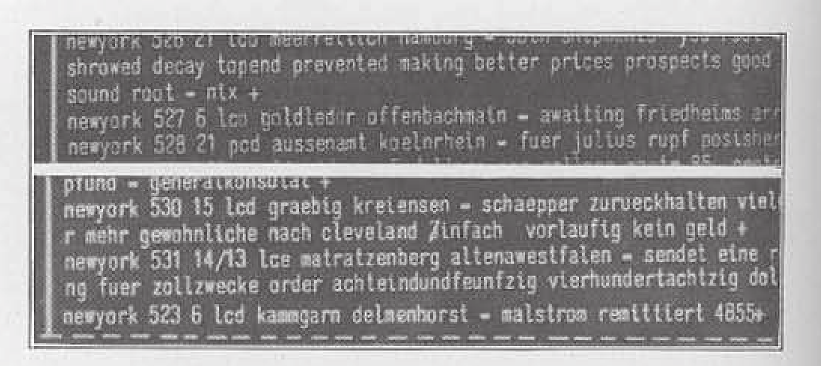

shrowed decay topend prevented making better prices prospects good
sound root - nix +
newyork 527 6 lcd goldledr offenbachmain - awaiting friedheims
newyork 528 21 pcd aussenamt koelnrhein - fuer julius rupf postshe
pfund - generalkonsulat +
newyork 530 15 lcd graebig kreiensen - schaepper zurueckhalten viel
r mehr gewohnliche nach cleveland einfach vorlaufig kein geld +
newyork 531 14/13 lce matratzenberg altenawestfalen - sendet eine
ng fuer zollzwecke order achteindundfeunfzig vierhundertachtzig dol
newyork 523 6 lcd kammgarn delmenhorst - malstrom remittiert 4855+

Abb. 3. Vergleich der alten und der neuen Reflexions-Abtastanordnung. (Die stärkere Schwärzung läßt sich bei der Reproduktion des Originalfilms nicht im ursprünglichen Kontrastverhältnis wiedergeben.)

2. Übertragung von Halbtönen.

Setzt man das übertragende elektrische Gesamtsystem als genügend linear arbeitend voraus, so hängt die Schwärzungsverzerrung der Abbildung gegenüber dem Original von der Charakteristik der Photozelle, der Kerrzelle und den Schwärzungskurven der photographischen Schicht ab. Wir setzen im folgenden voraus, daß beim Empfang zunächst ein Negativ aufgenommen und dieses später im Kontaktverfahren kopiert wird. Eine derartige Praxis entspricht bei hohen Anforderungen hinsichtlich der Bildqualität durchaus der Norm. Nehmen wir zunächst an, die Licht-

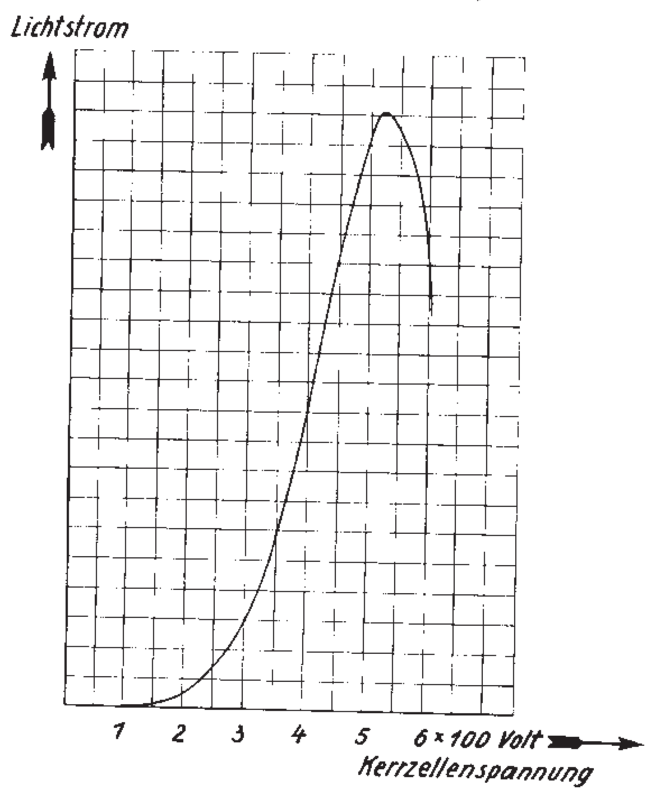


Abb. 4. Licht-Spannungs-Charakteristik der Kerrzelle.

Spannungs-Charakteristik der Kerrzelle (Abb. 4) lasse mit Hilfe entsprechender Gleichstrom-Vorspannung eine Einstellung des ungesteuerten Restlichtes auf einen solchen Punkt zu, daß von da ab die Aufhellung H annähernd proportional der positiv hinzukommenden Steuerspannung V verläuft. D. h., die Abweichung von der Geraden soll in diesem Bereich so klein sein, daß die Koeffizienten des quadratischen, des kubischen Gliedes usw. in der Funktion $H = f(V)$ vernachlässigbar werden. Dann können wir die Kennlinie der Photozelle im Zusammenwirken mit der Schwärzungskurve des Films für sich betrachten. Abb. 5 zeigt die Photostromkurve einer Grauleiter bei Reflexionsabtastung. Bekanntlich besitzt das Auge für die verschiedenen Stufen 1, 2, 3 .... einer Grauleiter gleiche Empfindungsunterschiede ($E_1 - E_2 = E_2 - E_3 = E_3 - E_4 \ldots$), wenn die Logarithmen der von den betreffenden Flächen reflektierten Intensitäten $J_1, J_2, J_3 \ldots$ untereinander gleiche Differenzen bilden; d. h. $\ln \frac{J_1}{J_2} = \ln \frac{J_2}{J_3} = \ln \frac{J_3}{J_4} \ldots$ ist. Die Photozelle liefert dann bei linearem Arbeiten Stromwerte, die den reflektierten Intensitäten $J_1, J_2, J_3 \ldots$ proportional sind. Die Photostromkurve einer Grauleiter ist daher logarithmisch. Es ist klar ersichtlich, daß die dunkelsten Tönungen, obwohl sie für das Auge genügende Kontraste untereinander ergeben, am Lichtrelais des Empfängers nur wenig

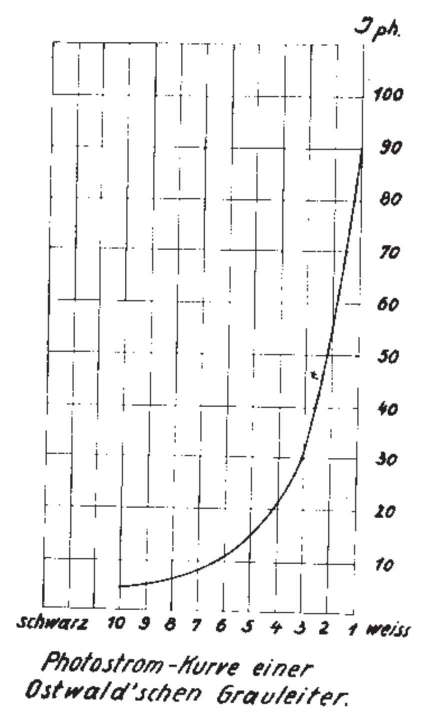


Abb. 5. Anodenstrom am Ausgang des Photostromverstärkers.

kontrastierende Spannungen hervorrufen. Trotzdem würde bei der Exposition des Negativfilms und beim Abdruck desselben der resultierende Schwärzungsverlauf völlig exakt sein und im Endergebnis wieder das ursprüngliche Verhältnis der Grauleiter empfunden werden, falls für das Produkt der Neigungen der Schwärzungskurve des Negativs $\left(\operatorname{tg} \alpha = \frac{d S_n}{d (\log L_n)}\right)$ und des Positivs $\left(\operatorname{tg} \beta = \frac{d S_p}{d (\log L_p)}\right)$ die bekannte Bedingung erfüllt wäre: $\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta = 1$ [2]).

[2]) S = Schwärzung, L = Lichtmenge der Exposition, p und n Indizes für Positiv und Negativ.

Leider ist es nun mit den Mitteln der Praxis meist recht schwierig, den Arbeitspunkt auf der Aufhellungs-Charakteristik des Lichtrelais und (noch dazu für verschiedene Umlaufgeschwindigkeiten der Empfangstrommel) gleichzeitig den Arbeitspunkt auf der Schwärzungskurve des Negativs so zu wählen, daß der Übertragungsfaktor für alle Tönungsstufen konstant bleibt. Entweder muß man sich mit einer erheblichen Einengung, d. h. Kontrastmangel, der Schatten zufrieden geben, während die Wiedergabe von Tonunterschieden in den Lichtern befriedigend ist, oder umgekehrt. Die Hauptfehlerquelle ist im ersteren Falle die Flauheit der Schwärzungskurve des Negativ-Films im unteren Teile; versucht man

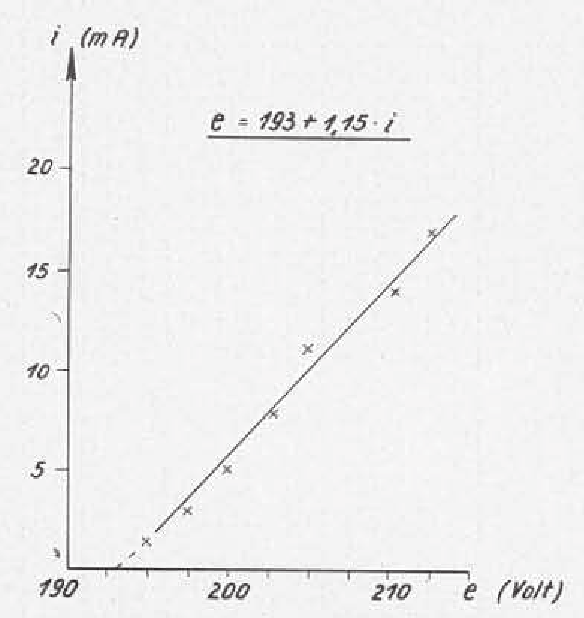


Abb. 6. Strom-Spannungs-Charakteristik einer Argon-Stickstoff-Glimmlampe.

diesen Bereich durch größere Verstärkung zu vermeiden, so wird das Negativ von den hellsten Stufen der Grauleiter leicht übersteuert, und es fehlt im Positiv die Gradation der Lichter. Bei der letzteren Betriebsweise wirkt noch ein besonderer Umstand für die Beherrschung des Prozesses erschwerend mit: Infolge der starken Aussteuerung der Schwärzungskurve wird die Entwicklung nach Augenmaß vorzeitig abgebrochen, so daß beim Positiv die Detailwiedergabe in den Schatten ausbleibt, obwohl die Exposition gerade in diesem Bereiche die richtige war.

In der Erkenntnis der Bedeutung des linearen Arbeitens aller Teile für gute Wiedergabe der Zwischentöne hat Verfasser schon vor längerer Zeit (Sommer 1926) Versuche gemacht, durch Anwendung eines Lichtrelais mit fast geradliniger Charakteristik die Übersichtlichkeit der in ihrer Gesamtheit etwas komplizierten Übertragungsbedingungen zu erhöhen. Als sehr geeignet erwies sich dazu die vom Empfangsverstärker gesteuerte Glimmlichtentladung einer mit Argon-Stickstoff-Gemisch unter etwa 6 mm Druck gefüllten Kathodenlampe besonderer Bauart. Sie zeigt folgende Vorteile:

1. Hohe photographische Aktinität der Strahlung, deren Ultraviolettgehalt durch Verwendung einer Quarzoptik ausgenutzt wird;
2. geringer Bedarf an Verstärkung, da wenige Milliampere bzw. Hundertstel Watt für volle Filmschwärzung genügen;

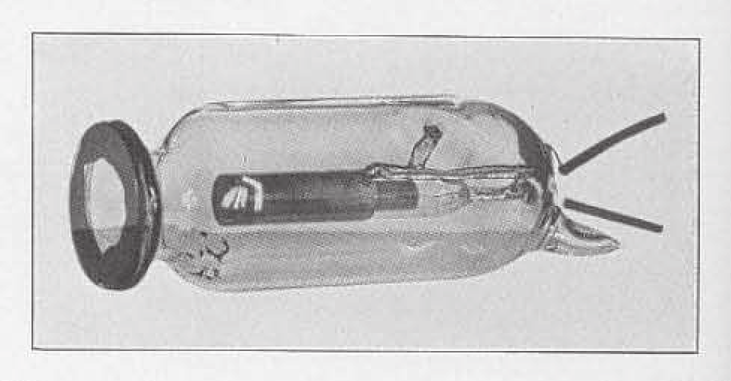


Abb. 7. Ansicht der Glimmpunktlampe (Versuchsmodell).

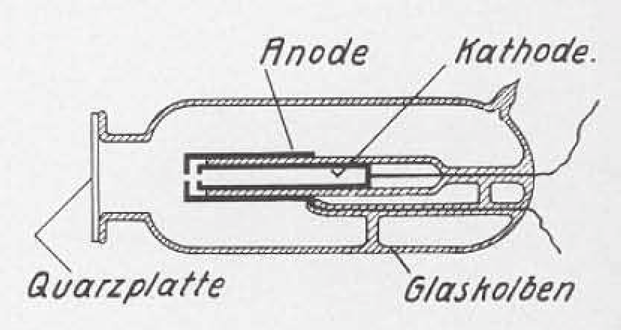


Abb. 8. Längsschnitt der Glimmpunktlampe.

3. nahezu punktförmige Gestalt der Lichtquelle und infolgedessen höchste Leuchtdichte in der auf 0,2 mm verkleinerten Abbildung auf die Bildfläche;
4. keine merkliche Trägheit, daher scharfe Wiedergabe aller Helligkeitssprünge;
5. eine ausgeprägt geradlinige Charakteristik in dem gesamten Steuerbereich (Abb. 6). Dies gilt für Spannung und Lichtstärke.
6. Direkte (Strom-) Meßbarkeit der Einstellung im praktischen Betriebe.

Die nähere Beschreibung dieses Lichtrelais und seiner Anwendungsmöglichkeiten bleibe einer anderen Gelegenheit vorbehalten. Um seine Ent-

wicklung im einzelnen haben sich die Herren Dr. Schriever und Dr. Richter vom Telefunken-Laboratorium besonders verdient gemacht.

Abb. 7 zeigt die äußere Ansicht der Glimmlichtröhre, Abb. 8 einen Längsschnitt. Man erkennt daraus, daß die innen liegende Hohlkathode von einer koaxialen Zylinder-Anode isoliert umschlossen wird. Das kathodische Glimmlicht entsteht längs der Achse des Systems. Blickt man in dieser Richtung durch die in der Anode angebrachte, gleichzeitig als optische Blende wirkende Austrittsöffnung, so erscheint die Leuchtwirkung durch Summation über eine große Schichtdicke schon bei schwachen Strömen be-

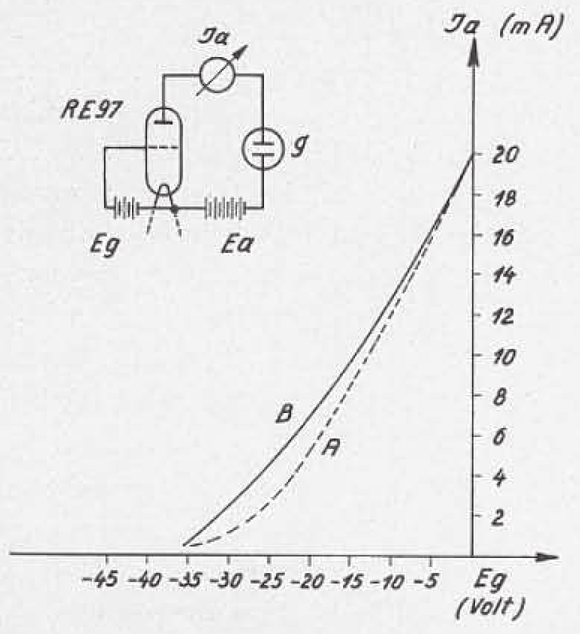


Abb. 9. Charakteristik einer Verstärkerröhre RE 97 mit und ohne Glimmlampe im Anodenkreis.

deutend. Hinzu kommt die Ausbildung einer intensiv strahlenden Sekundär-Kathode vor der etwas verengten Mündung der eigentlichen Kathode. Das Quarzfenster läßt den nutzbaren Ultraviolettgehalt ungehindert durchtreten.

Eine besondere Eigentümlichkeit der Entladungslampe ist das starke Sinken ihres inneren Widerstandes mit wachsender Stromstärke[3]) und der dadurch bedingte Einfluß auf die Anodengleichstrom-Charakteristik einer nach Abb. 9 arbeitenden Verstärkeranordnung, bei welcher die Glimmlampe unmittelbar in den Anodenkreis gelegt ist. Man sieht, wie der flaue Verlauf der J_a-Kennlinie ohne Glimmlampe (gestrichelte Kurve) durch Einschalten der Lampe als einziger Belastungs- und zugleich Nutzwiderstand in einen geradlinigen Verlauf (ausgezogene Kurve) verwandelt wird, also die Steilheit des unteren Kennlinien-Bereichs beträchtlich zunimmt. Für diese Messung wurde die Spannung der Anoden-



Abb. 10. Bildübertragung mittels Glimmlampe.

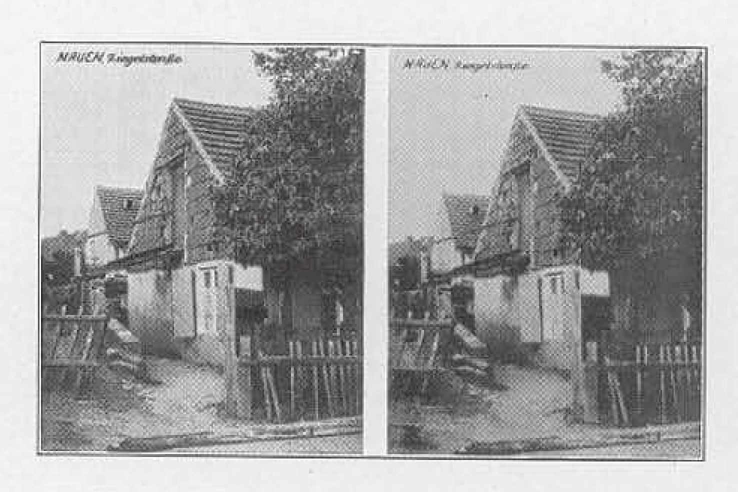


Abb. 11. Bildübertragung mittels Glimmlampe.

stromquelle so weit erhöht, daß die Aussteuerung von J_a zwischen denselben Grenzwerten 0,5 mA und 20 mA durch den gleichen Zuwachs der Gitterspannung E_g wie ohne Glimmlampe erfolgte.

Das lineare Arbeiten der in Abb. 9 dargestellten Verbindung von Verstärkerröhre und Schreibglimmlampe äußert sich nun in einer bereits sehr befriedigenden Tönungswiedergabe, die Abb. 10 erkennen läßt (links Original, rechts Empfangsbild). Die zahlreichen Abstufungen des Grau sind

[3]) Es ist: $e = a + b \cdot i$ (e Spannung, i Stromstärke, a und b Konstante); daher $R_i = e/i = a/i + b$; also $dR_i/di = -a/i^2$.

gut übertragen, die Schatten zeigen aber noch nicht alle Kontraste und erscheinen merklich bevorzugt. Das liegt daran, daß noch zu weit unten auf der Schwärzungskurve des Negativs gearbeitet wurde, dort, wo sie flach verläuft. In Abb. 11 tritt dieser Umstand weniger in Erscheinung; hier genügt die Detailwiedergabe im ganzen Umfang der Tönungswerte wohl allen berechtigten Ansprüchen. Trotzdem ruhen die

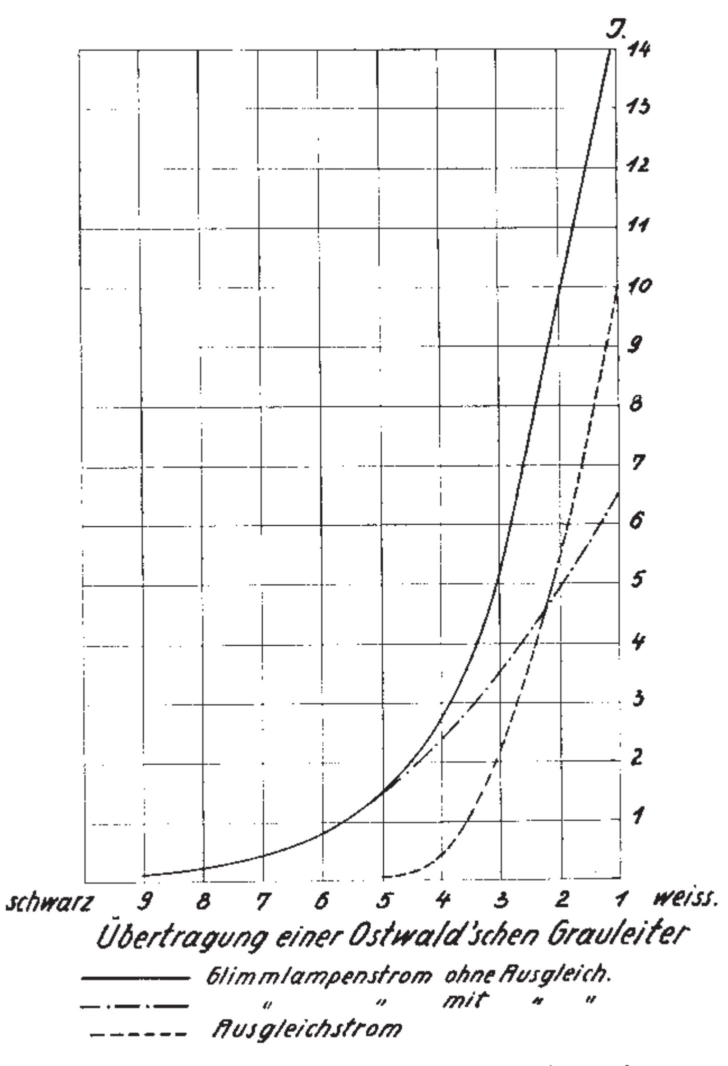


Abb. 12. Verzerrung der Steuerkurve eines photographischen Lichtrelais.

Bemühungen bei Telefunken nicht, um in dieser Frage noch weiter zu kommen. Ein aussichtsreicher Weg, der sich sowohl auf die Glimmlampe wie auf die Kerrzelle anwenden läßt, scheint nach den bisherigen Versuchen die absichtliche Verzerrung der Kennlinie des Lichtrelais zu sein. Eine solche Verzerrung ist bereits von Ives vom Bell-Laboratorium[4]), allerdings unter anderen Gesichtspunkten, für das Saitengalvanometer — auf rein optischem Wege — angestrebt worden[5]). Durch elektrische Verzerrung innerhalb der Verstärker, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, läßt sich erreichen, daß die Form der Steuerkurve des Lichtrelais im unteren Teile prinzipiell unverändert bleibt, im oberen aber wesentlich verflacht wird. Abb. 12 zeigt hierfür ein Beispiel unter Verwendung einer Glimmlampe, der eine vom Empfangsstrom gesteuerte Absorptions-Röhre parallel geschaltet war. Die ausgezogene Kurve ging dadurch in die strichpunktierte über. Der gestrichelte Linienzug stellt den auf das Gitter der Absorptions-Röhre wirkenden Ausgleichstrom dar. Durch Anordnungen dieser Art, die in mancherlei Weise modifizierbar sind, dürfte die Übersteuerung der Schwärzungskurve vermeidbar sein, so daß bei Anwendung genügender Verstärkung sowohl die Lichter als auch die Schatten im Positiv genügend kontrastreich erscheinen. Die noch bestehenden Schwierigkeiten der genannten Methode sind rein elektrischer Natur und werden binnen kurzem beseitigt sein.

3. Fortschritte der Kurzwellen-Faksimile-Telegraphie.

Die Entwicklung der Empfangsmethoden der drahtlosen Telegraphie hat in den letzten Jahren nach zahlreichen fehlgeschlagenen Versuchen, die atmosphärischen Empfangsstörungen durch sogenannte Kompensationsschaltungen unschädlich zu machen, auf ein neues Prinzip der Zeichengebung hingeführt: den Ersatz des einzelnen Signalimpulses durch eine Impulsstatistik! Diese Entwicklung ging aus von der Erfahrung, daß normalerweise nicht nur die reine Zeichenenergie des Senders, sondern gleichzeitig ein schwankender Störspiegel auf den Empfangsindikator einwirkt. Im Empfang aus sehr großen Entfernungen übertrifft die Störamplitude häufig die Signalamplitude. Diese Verhältnisse treten um so stärker in Erscheinung, je größer die Sendegeschwindigkeit, je breiter also das Band der Tastfrequenzen ist. Es wird daher meist ein gestörtes Zeichenbild aufgenommen. Bei den kurzen Wellen kommt dazu noch der Schwund

[4]) Journal of the Optical Society of America. Bd. 12, S. 173—194. 1926.

[5]) Prof. Korn hat beim Saitengalvanometer die dreieckige Blendenform als erster angewendet (Anm. bei der Korrektur).

der Feldstärke des fernen Senders, das „Fading“. Zwar haben zweckmäßige Anordnung und Zusammenfassung von Antennen, Signalbegrenzung im Verstärker, ferner Wellenwechsel (besonders in der Form des „Wabbelns“) bedeutende Fortschritte in der Verringerung der Fadings gebracht. Mit einer restlosen Beseitigung derselben darf aber kaum gerechnet werden.

Fadings und atmosphärische Störungen erfordern durch ihre Wirkung auf den Empfangsindikator die Einführung statistischer Methoden. Bekannt ist folgendes Prinzip: Jedes Einzelelement einer Buchstabenkombination wird mehrmals mit Zeitabstand wiederholt, wobei die Bedingungen so gewählt sind, daß die Vortäuschung der Gesamtzahl wirklicher Senderimpulse für das betreffende Element durch Pseudoimpulse in Gestalt von Störungen äußerst unwahrscheinlich wird. Die Folge der identisch zugeordneten Impulse wird gespeichert und das Zeichen nur registriert, wenn die volle Zahl der Sender-Stromschritte für jedes Element im Empfänger zur Wirkung gelangt ist. Ist $W < 1$ die Wahrscheinlichkeit dafür, daß ein Impuls durch eine Störung vorgetäuscht wird, so sinkt bei n-maligem Geben jeden Elementes die Wahrscheinlichkeit eines Registrierfehlers auf $W^n \ll 1$. Dieses Verfahren, das in völlig automatisierter Form von Verdan eingeführt wurde und sich jüngst bei Versuchen mit Baudot-Apparaten zwischen Paris und Berlin ausgezeichnet bewährt hat, ist vom Verfasser mit Rücksicht auf die Kurzwellen-Fadings nach verschiedenen Richtungen hin ausgebaut worden, z. B. in der Art des „Zeilensprunges“ bei Bildabtastung.

Die Schraubenlinienabtastung eines Bildtelegraphen ergibt an sich schon in der denkbar einfachsten Weise eine besondere Form der Wiederholung im vorstehenden Sinne. Die Punktelemente, die zu einem und demselben Zeichen gehören, werden nicht unmittelbar nacheinander, sondern gruppenweise übertragen, wobei die Periode dieser vom Zeichenbilde abhängigen Gruppen durch die regelmäßige Wiederkehr des Abtastlichtpunktes an der betreffenden Stelle der Trommelfläche bestimmt wird.

Mit der Wiederholung ist ein Speicherungseffekt, der bei dem auf Drucktelegraphen zugeschnittenen Repetierverfahren nur mit verwickelten Mechanismen erreicht wird, rein photographisch verbunden. Die Störungen rufen einen geringeren örtlichen Mittelwert der Schwärzung hervor als eine wirkliche, bei jedem Durchgang durch die Abtastzone übertragene Schwärzungsstelle der Sendevorlage. Dieses einfache Mittel zur Selektion des Zeichenbildes gegenüber dem Störhintergrund versagte jedoch bisher bei Fadings, die den Zeitraum weniger aufeinanderfolgender Bildzeilen überschreiten; und gerade diese Erscheinung ist für die kurzen Wellen charakteristisch. Um über die Schwierigkeit des Ausfalls breiterer Bildstreifen durch Fadings hinwegzukommen, wurde nunmehr zur Ergänzung der elektrischen Hilfsmittel des Kurzwellenempfangs ein optisches vorgesehen: Wie die Erfahrung lehrt, können eine oder zwei benachbarte Lichtpunktbahnen in der telegraphischen Kopie ausfallen, ohne die Leserlichkeit zu zerstören. Ihr Fehlen ist lediglich als Haarstrich über die ganze Länge des Photogrammes wahrnehmbar. Durch eine neuartige Abtastung wird nun erreicht, daß nebeneinanderliegende Zeilen nicht unmittelbar nacheinander übertragen werden, sondern in Zeitabständen, die größer sind als die Fadingperioden. Es ist dann sehr unwahrscheinlich, daß im Endergebnis mehr als eine auf zwei oder drei räumlich zusammengehörige Bahnen ausbleiben. Dieses Verfahren führt also einen gewissen Ausgleich, eine Mittelung der Schwärzung, herbei, die das Hervortreten des Zeichenbildes an allen Stellen sichert, wenn auch unter allgemeinem Rückgang der Kontraste. Jede Zeile wird aber nur einmal ausgewertet, die Frequenzbandbreite also nicht vergrößert.

Theoretisch ausgedrückt, bedeutet die Hinzunahme des Zeilensprunges zum Wiederholungs- und Speicherungseffekt der gewöhnlichen Schraubenlinienabtastung die Einführung eines Schwellenwertes. Das Zeichen ist „leserlich“, wenn die Zahl der dafür übertragenen Bildpunkte (r) einen bestimmten Mindestbetrag (s) überschreitet, der einerseits groß ist gegenüber der Dichte (d) der markierten Störungen, andererseits, zur Berücksichtigung des Ausfalls durch Fadingperioden, einen hinreichenden Bruchteil der insgesamt pro Zeichen beim Sender ausgelösten Impulse (n) darstellt. D. h. es wird im normalen Falle sein: $n > r > s \gg d$, wobei $r = f(n, d)$. Das hierin enthaltene Prinzip scheint Verfasser noch nach anderen Richtungen hin ausnutzbar zu sein, um mit Hilfe trägheitloser Wandlerorgane, wie Photo-

zelle und Kerrzelle, eine Schnelltelegraphie zu schaffen, die sich den Eigentümlichkeiten des Kurzwellenempfanges anpaßt.

Vom Standpunkte der Betriebssicherheit erscheint bei Ausnutzung aller soeben betrachteten Abbildungseffekte eine Faksimileschnelltelegraphie wohl begründet. Den bisherigen Konstruktionen fehlte jedoch ein wichtiger Wirtschaftlichkeitsfaktor, das völlig kontinuierliche Arbeiten. Sendegeräte mit Trommelabtastung können dieser Forderung mit Rücksicht auf das Wechseln der Vorlagen nur in speziellen Ausführungen nahekommen. Verfasser hat daher, unbeschadet einer solchen Weiterentwicklung des Trommelsystems, das in seiner mechanischen und optischen Qualifikation für hochwertige Dokumentenübertragung ganz besonders geeignet bleibt, den im folgenden beschriebenen Klarschrift-Schnellschreiber für Kurzwellenbetrieb entworfen, der für den Ersatz der bisherigen Arbeitsweise (Wheatstonegeber in Verbindung mit Rekorder-Streifenregistrierung) besonders geeignet erscheint, und bei dem die Abbildungsmethode nicht als Selbstzweck, sondern allein ihrer Einfachheit, Unmittelbarkeit und Selektivität halber Verwendung findet. Das Telegramm wird als fortlaufender, einzeiliger Papierstreifen maschinell mit schwarzen Lettern geschrieben oder fertig dem zubringenden Typendrucker entnommen; durch gleichmäßig und konphas bewegte Lichtpunkte wird es unter Benutzung der Photozelle am Sender, der Kerrzelle am Empfänger als Faksimile auf ein entsprechendes Photopapierband übertragen, das in gewohnter Weise, auf ein Formular geklebt, ausgegeben werden soll. Die Lichtpunkte wandern quer zum Streifen, der sich unter ihnen dauernd fortschiebt: 100 vH der Betriebszeit dienen der Übermittlung. Hierbei laufen die synchronisierten Achsen der optischen Bildzerleger ununterbrochen und ohne jene fühlbaren Belastungsstöße, wie sie bei Trommelsystemen durch das Ankuppeln größerer Trägheitsmomente entstehen. Dadurch ist die Intritthaltung mühelos gesichert. Der Ersatz der photographischen Registrierung durch elektrochemische ist vorgesehen, dürfte aber kaum gerechtfertigt sein, da die mit dem Apparat verbundene selbsttätige Schnellentwicklung die Dunkelschleusenlaufzeit des Telegrammes auf etwa 10 s kürzt.

Dieser Schnellschreiber ist als Versuchsmodell für theoretische Telegraphiergeschwindigkeiten von 500 Wörtern in der Minute ausgeführt worden und wird zur Zeit weiter durchgebildet. Die Benutzung des erwähnten Zeilensprunges sichert bei seinem Betriebe eine weitgehende Ausschaltung von Störungen und Fadings. Durch Einstellung auf teilweise Überdeckung der Lichtpunktbahnen wird die Zeichenselektion noch vervollkommnet. Ein weiterer Vorteil ist die absolut zu gewährleistende Geheimhaltung der Sendung, da das

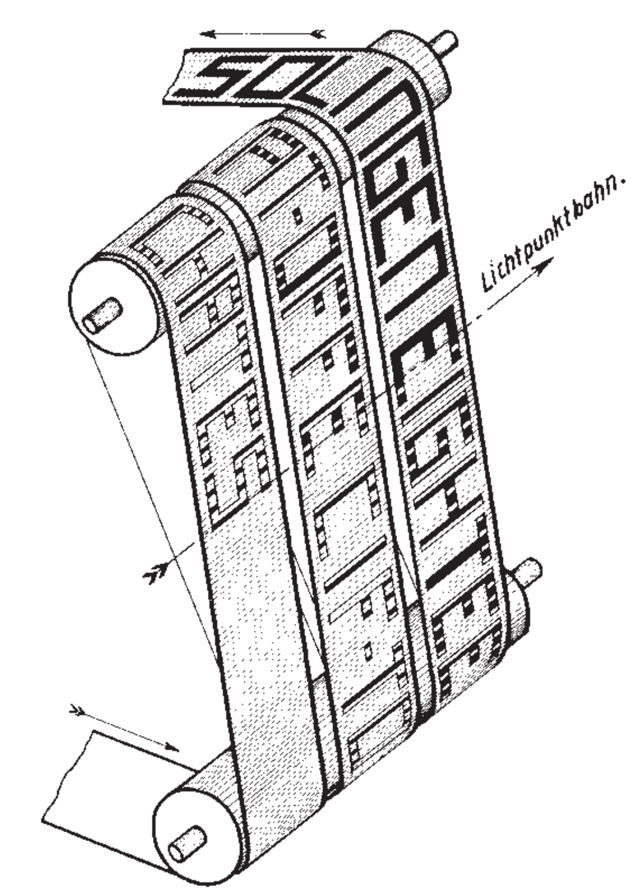


Abb. 13. Prinzip der Zeilensprung-Abtastung bei einem Schmalstreifen-Faksimiletelegraphen.

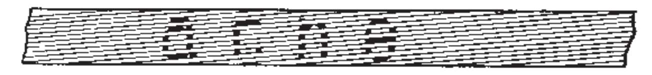
Intervall des Zeilenwechsels nach Verabredung beliebig geändert werden kann.

Wie Abb. 13 (nur schematisch) zeigt, überstreicht der Schreiblichtpunkt den in dreifacher Schleife über Rollen gespannten Streifen derart, daß nacheinander Querzeilen in ganz verschiedenen Abschnitten registriert werden. Denkt man sich die Zeilen laufend beziffert, so werden die Stellen 1, 4, 7 . . . . . in der ersten Schleife, 2, 5, 8 . . . . . in der zweiten, 3, 6, 9 . . . . . in der dritten übertragen. Allgemein ausgedrückt, haben die Lichtpunktbahnen, von derjenigen im ersten Abschnitt aus im Laufsinne des Streifens abwärts gezählt, die drei Zuordnungen $3n+1$; $3\cdot(n-m)+2$ und $3\cdot(n-p)+3$, wobei n mit der Zeit fort-

schreitend die Beträge 0, 1, 2, 3 .... annimmt, die der Zeilennumerierung entsprechen, m und p aber konstante, beliebig wählbare, ganze positive Werte sind, die die übersprungene Strecke kennzeichnen. Während eine bestimmte Zeilengruppe von einer Belichtungszone zu folgenden wandert, können Fadings bei geeigneter Wahl des Zwischenraumes vergehen. Zwischen der Periode T der Lichtpunktbahn, der Streifengeschwindigkeit w und der Breite d der Zeilen besteht die einfache Beziehung $d = T \cdot w/3$.

Das Frequenzspektrum, das bei der optischen Abtastung an den Grenzen von Hell und Dunkel entsteht, hängt von der Geschwindigkeit v des Lichtpunktes und seiner Breite s in der Laufrichtung ab. Die Anstiegzeit des Stromes in der Photozelle ist gegeben durch $t = s/v$ (F. Schröter, ENT 3, S. 52, 1926, und K. Küpfmüller, ZS. f.





2. Schrägabtastung



Abb. 14. Schräge Zeilensprung-Abtastung.

Techn. Physik 8, S. 475, 1927). Die entsprechende Fourierreihe hat Küpfmüller dargestellt. Erfahrungsgemäß genügt es nun für leidlich scharfe Abbildung, wenn die Modulationsfrequenz $f = v/2s$ übertragen wird, der übrigens die für schärfere Konturen an sich wünschenswerte Harmonische $3v/2s$ beim Empfang durch Anodenstromverzerrung im Kerrzellenverstärker wieder hinzugefügt werden kann. Rechnet man bei unserem Schmalstreifenschreiber mit einem für seine Bestimmung gut passenden $s = 0{,}4$ mm und einer Buchstabenfläche von 6×5 mm², einschließlich der leeren Zwischenräume, so ergibt sich für eine Minutenleistung von 500 Wörtern die Lichtpunktgeschwindigkeit $v = 3{,}8$ m/s und damit eine höchste Modulationsfrequenz von $f_m \sim 4700$ Hz. Dieser Wert steigt und fällt mit dem Sendetempo.

Bei einer solchen Geschwindigkeit des Schreiblichtpunktes hat aber das Wandern desselben senkrecht zur Längsdimension des Schmalstreifens folgenden Nachteil: Die Dauer einer Störung, die nach zuverlässigen Messungen $5 \cdot 10^{-2}$ s erreichen kann, würde bereits der Registrierzeit mehrerer Querzeilen entsprechen, und dadurch könnten einzelne Buchstaben unleserlich werden. Es wurde deshalb das Abtast- und Schreibprinzip gemäß Abb. 14 eingeführt, bei dem die Lichtpunktzeile nicht im Winkel von 90° zur Vorschubrichtung des Streifens liegt, sondern mit ihr einen sehr spitzen Winkel von etwa 5° bis 10° bildet. Auf diese Weise findet eine günstigere Aufteilung der Störungsmarkierung auf dem

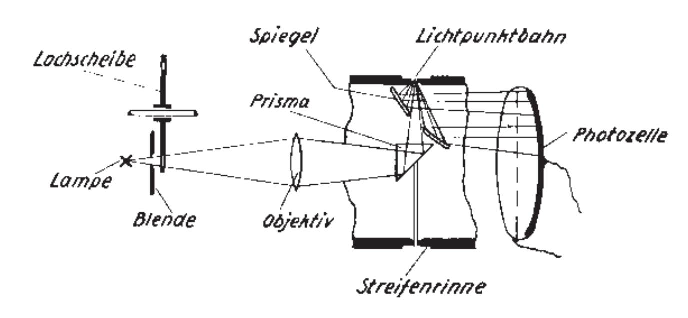


Abb. 15. Geber für schräge Zeilensprung-Abtastung.

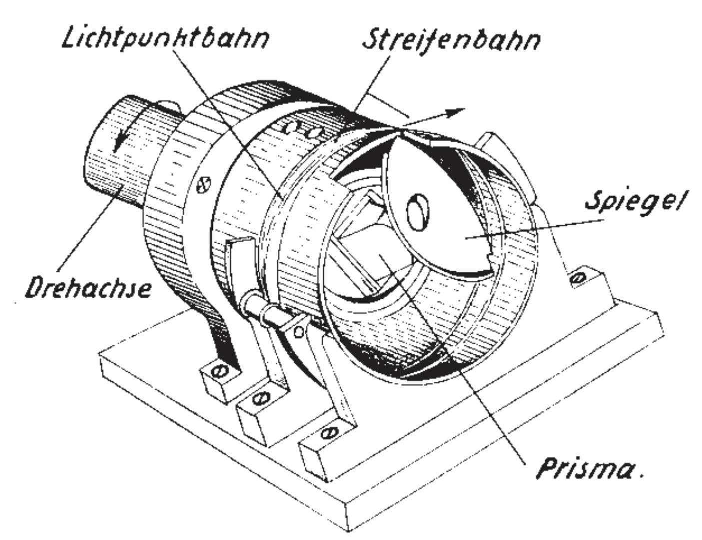


Abb. 16. Streifenführung und Aufbau des Gebers für schräge Zeilensprung-Abtastung.

Hintergrunde des Photogrammes statt, die Wirkung verdünnt sich auf viele Buchstaben.

Zur Durchführung dieses Prinzips dient ein Gerät, dessen Teile die folgenden Bilder veranschaulichen. Die Lichtpunkte beschreiben bei Sender und Empfänger synchrone Kreisbahnen, indem ein axial zugeführter Strahlenkegel durch ein rotierendes total reflektierendes Prisma unter 90° nach außen abgelenkt wird (s. Abb. 15, Sender). Der Schmalstreifen gleitet schräg über die Lichtpunktbahn hinweg (Abb. 16). Er wird zu diesem Zweck zunächst über die obere Kreishälfte geführt, läuft dann, wie Abb. 17 (Senderseite) erkennen läßt, in eine in ihrer Länge genau einstellbare Schleife aus und kehrt zur unteren

Kreishälfte zurück. Durch die Länge der zwischen den beiden Kreishälften liegenden Strecke ist das Intervall des Zeilensprunges bestimmt, indem der Lichtpunkt im Verlaufe einer ganzen Umdrehung zwei verschiedene Gebiete der Telegrammfläche überstreicht. Der ersten Abtastung entspricht der obere Teil von Abb. 14, in dem jede zweite Zeile übersprungen ist. Diese wird in der zweiten Kreishälfte nach einer Zeit, deren Bemessung in erster Linie durch die Periodizität der Fadings bestimmt wird, lückenlos ausgefüllt, so daß die vollständigen Buchstaben auf dem aus dem Empfangsapparat herauslaufenden Streifen erscheinen. Abb. 18 und 19 zeigen das äußere

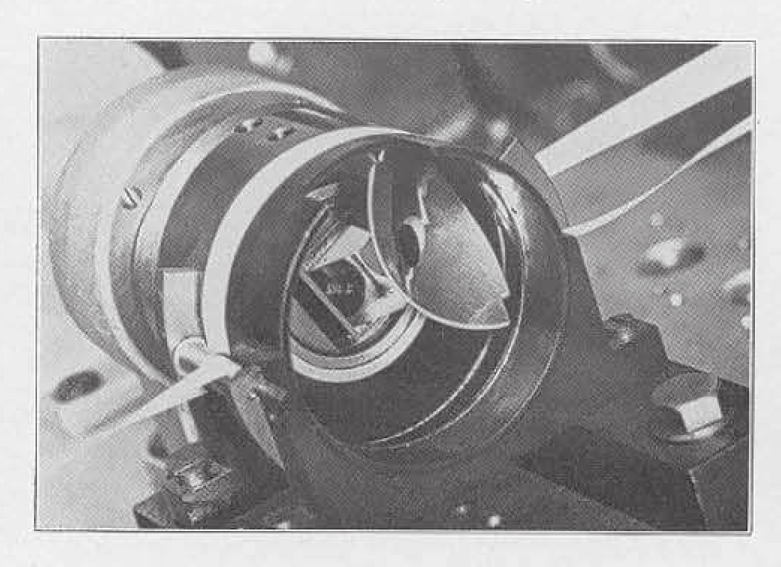


Abb. 17. Schleifenführung des Faksimile-Telegrammstreifens beim Geber für schräge Zeilensprung-Abtastung.

Aussehen des Senders bzw. Empfängers. Ersterer arbeitet nach dem Schema von Abb. 15 mit einer feststehenden Photozelle, der das von der Auftreffstelle des Lichtpunktes auf dem Sendestreifen reflektierte Licht teils direkt, teils durch einen gemeinsam mit dem Ablenkprisma rotierenden versilberten Spiegel zugeführt wird. Der Empfangsapparat benutzt als Lichtrelais die bekannte Kerroptik mit der Karolus-Zelle. Der Photopapierstreifen läuft natürlich in einem Dunkelraum. Nach seiner Exposition erfolgen Entwicklung und Fixierung automatisch mittels Einrichtungen, wie sie bereits bei Oszillographen sowie bei dem ursprünglichen Modell des Siemens-Schnelltelegraphen bekanntgeworden sind.

Alle hier gezeigten Geräte sind Versuchsmodelle und bedürfen vor ihrer Einführung in den Betrieb noch der konstruktiven Vervollkommnung. Von ihrer Verwendung ist eine wesentliche Verbesserung des Kurzwellen-Schnelltelegraphieverkehrs zu erhoffen, weil jedwede Deutung oder Übersetzung des aufgenommenen Telegrammes in Fortfall kommt und die Art der Registrierung durch ihren statistischen Charakter den Besonderheiten des Kurzwellenempfangs weitgehend Rechnung trägt. Die Überwachung dieser einfach gebauten Geräte wird keine besonderen

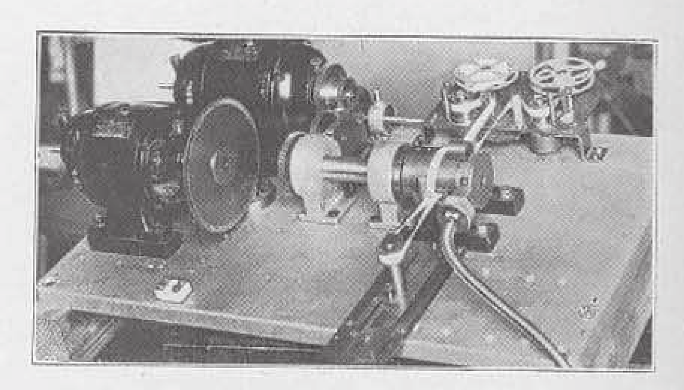


Abb. 18. Versuchsmodell des Gebers für schräge Zeilensprung-Abtastung (1. Ausführung).

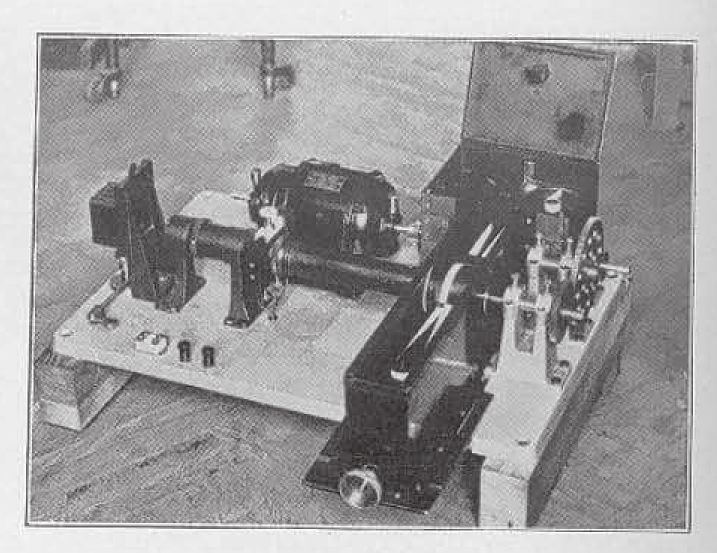


Abb. 19. Versuchsmodell des Empfängers für schräge Zeilensprung-Abtastung (1. Ausführung).

Anforderungen an das Bedienungspersonal stellen, da lediglich der Synchronlauf kontrolliert werden muß. Hierzu genügt es, von Zeit zu Zeit die relative Phase von Sender und Empfänger mittels einer bei letzterem umlaufenden Glimmlampe zu beobachten und einen etwaigen Fehler mittels eines Differential-Triebwerkes zu korrigieren. Unter dieser Voraussetzung besteht völlige Gewähr für das richtige Eintreffen des Telegrammes. Die Arbeitsgeschwindigkeit der Anlage ist deshalb auch nicht durch die Notwendigkeit begrenzt, die einwandfreie Registrierung der Zeichen überwachen zu müssen.

(Eingegangen am 27. September 1928.)